

UNTERSUCHUNGEN AN DEN PARAVERTEBRALEN GANGLIEN VON *RANA RIDIBUNDA*

VON

I. HORVÁTH

Institut für allgemeine Zoologie und Biologie der Universität Szeged, Ungarn
(Dir.: Prof. Dr. A. ÁBRAHÁM)

Mit dem anatomischen und histologischen Studium des vegetativen Nervensystem des Frosches haben sich in den letzten Jahrzehnten wenige Forscher befasst (5). Die älteren Arbeiten in der mir zugänglichen Literatur von SMIRNOW (1890), GAUPP (1899), sowie KRAUSE (1923) haben diesbezüglich noch zahlreiche Probleme offen gelassen, deshalb habe ich die Untersuchung der paravertebralen Ganglien des *Rana ridibunda* in Angriff genommen und dabei zunächst die Lokalisation der Grenzstrangganglien und ihre Verbindungen mit den Rückenmarksnerven, und anschliessend den strukturellen Bau der Ganglien und der mit ihnen in Verbindung stehenden Nervenstränge studiert (7). Ich fand, dass auf Grund der bisher mitgeteilten Ergebnisse mit Hilfe neuerer histologischer Methoden eine nähere Erkenntnis besonders des strukturellen Aufbaues des vegetativen Nervensystems möglich ist (8). Zur Erweiterung meiner bisherigen Ergebnisse erwiesen sich experimentelle Untersuchungen als nötig, da betreffs des Ursprunges der an den sympathischen Nervenzellen des Frosches vorhandenen, verschiedene Synapsen bildenden präganglionären Fasern auf Grund der Literatur eine einheitliche Erklärung nicht zu erhalten war (3, 4, 9).

Material und Methoden

Entsprechend den vier Jahreszeiten habe ich an den in einem Bassin gehaltenen, nahezu gleichaltrigen Teichfröschen (*Rana ridibunda*) nach vorhergehender Narkotisierung mit Urethan (1–3 g/kg in den Bauchlymphsack gespritzt) vier Operationen vorgenommen, und zwar:

1. Durchtrennung der Äste der *Rami communicantes* der rechtsseitigen *Pars abdominalis* und *Pars coccygea*.

2. Durchtrennung der rechts- und linksseitigen vago-sympathischen Nervenstämmen.

3. Durchtrennung der Grenzstränge des rechts- und linksseitigen *Truncus sympathicus* vor dem *Ganglion sympathicum VI*.

51–56 Stunden nach der Operation wurden die Tiere dekapitiert und in 10%igem neutralen Formalin 1–2 Monate lang fixiert, dann die Grenzstränge im Stereomikroskop herauspräpariert und – entsprechend den Operationen –

die Ganglien nach AGDUHR (12) total, und die im Gefriermikrotom hergestellten Schnitte nach BIELSCHOWSKY-ÁBRAHÁM (1) bzw. nach BIELSCHOWSKY-GROS (2) imprägniert.

Durchtrennung des *Ramus communicans*

KRAUSE (3) hatte in den Ganglien des *Truncus sympathicus* nach Methylenblaufärbung gefunden, dass die unipolaren Nervenzellen von marklosen Nervenfasern in Spiralform umwunden sind. Er erwähnt, dass der Ursprung dieser Spiralen schwer zu erforschen ist, nimmt jedoch an, dass es sich dabei um Neuriten der motorischen Nervenzellen des Rückenmarks handelt, die sich durch den *Ramus communicans* im *Truncus sympathicus* als marklose Fasern fortsetzen, um dann auf der Nervenzelle irgendeines Ganglions in Gestalt einer Spirale zu endigen. Nach meinen Untersuchungen existieren ausser den spiralen Synapsen auch noch andere Nervenendformen (7).

1. Durchtrennung der *Rami communicantes* der rechtsseitigen *Pars abdominalis* und der *Pars sacro-coccygea*

Nach meinen früheren Untersuchungen enthalten die *Rami communicantes* zwischen dem *Ganglion sympathicum* VIII, IX und X und dem *Nervus spinale* VIII, IX und X sehr wenig Fasern, während deren Zahl in den kranialen *Rami communicantes* stetig zunimmt. Nach den unmittelbar beim *Ggl. sympathicum* VIII, IX und X vorgenommenen Durchschneidungen befinden sich in diesen Ganglien mehr degenerierende, aus dicken und dünnen Fasern bestehende spirale Synapsen als in den kranial gelegenen Ganglien (Abb. 1). Nach der Durch-



Abb. 1.: *Rana ridibunda*: Nach Durchtrennung der *Rami communicantes* degenerierende Nervenfasern im *Ggl. sympathicum* X. — BIELSCHOWSKY-ÁBRAHÁM'sches Verfahren. Mikrophotogramm, $\times 420$.

trennung der *Rami communicantes* V, VI und VII fand ich auch in den kranialen Ganglien degenerierende spirale Nervenfasern. Auffallend ist jedoch, dass die Zahl der zwischen den Zellen der nahe der Durchtrennungsstelle gelegenen Ganglien verlaufenden, stark fibrillierten, markhaltigen Nervenfasern etwas grösser ist als in den kaudalen, weiter abseits gelegenen Ganglien (Abb. 2). Meines Erachtens stammen diese Nervenfasern grösstenteils aus dem Rücken-



Abb. 2.: *Rana ridibunda*: Nach Durchschneidung der *Rami communicantes* degenerierende markhaltige Nervenfasern im Ggl. *sympathicum* V. — AGDUHR'sches Verfahren. Mikrophotogramm, $\times 400$.

mark. Auf die Erörterung ihres Ursprunges komme ich später noch zurück. In den vegetativen Ganglien erhalten die synapsenbildenden Rückenmarkfasern nicht nur aus den direkt in das Ganglion eintretenden *Rami communicantes*, sondern auch aus den entfernter liegenden *Rami communicantes* Fasern. In den Ganglien, namentlich kaudal von den durchgetrennten *Rami communicantes*, sind die erweiterten kleinen Blutgefässe auffallend reich mit Blutzellen gefüllt, was vermuten lässt, dass diese Blutgefässe infolge der Durchschneidung denerviert wurden (Abb. 3). In den Ganglien des *Truncus sympathicus*, wo die verschiedenen Synapsen degeneriert sind, sind in der Umgebung der mässig vakuolisierten Nervenzellen die kleinen Blutgefässe ebenfalls dilatiert und enthalten reichlich Blutzellen. Es fiel auf, dass die Nervenzellen hier keine so intensive Fibrilliertheit zeigten wie im Ggl. *jugulare*. Diese Abweichung dürfte mit der verschiedenen Funktion der Nervenzellen zusammenhängen. Ob ähnliche pathologische Erscheinungen auch an den motorischen Kernen der *Medulla spinalis*, in den Kerngruppen des Ggl. *laterale* und den pseudounipolaren Nervenzellen des Ggl. *spinale* zustandekommen, möchte ich an Hand der späteren Aufarbeitung des fixierten Materials entscheiden. Ausgehend von dem erörterten

Befund, dass nach der Durchschneidung der *Rami communicantes* VIII, dann IX und X kranial degenerierende markhaltige Fasern gesichtet wurden, schien es notwendig, an der durchtrennten Seite auch Präparate aus den sensorischen Ganglien des *Vagus* (*Ggl. jugulare*) zu untersuchen. Die Untersuchungen zeigten deutlich, dass ein Teil der pseudounipolaren Ganglienzellen intensiv gefärbt, stark fibrilliert und unter den Neurofibrillen die Zellen auffallend vakuolisiert

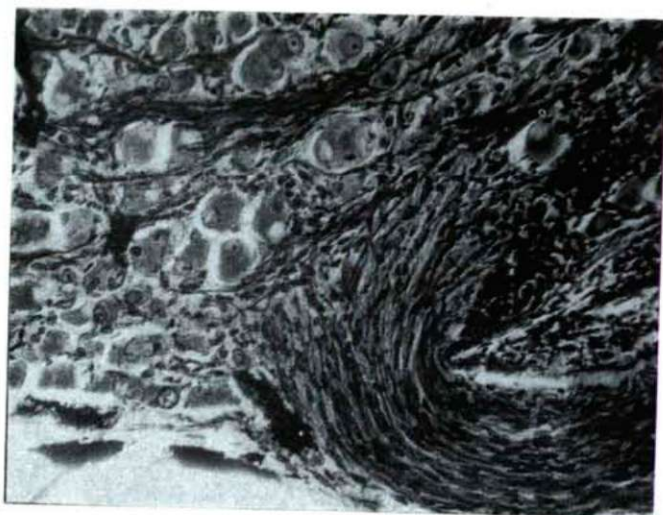


Abb. 3.: *Rana ridibunda*: Stark dilatierte, mit Blutzellen angefüllte Blutgefäße und Nervenzellen ohne spirale Fasern im *Ggl. sympathicum* IX. — BIELSCHOWSKY—GROS'sches Verfahren. Mikrophotogramm, $\times 306$.

waren (Abb. 4). Bei der Untersuchung der solche pathologische Symptome aufweisenden Nervenzellen fiel es auf, dass nach der Durchtrennung der *Rami* der *Pars sacro-coccygea* weitaus weniger argentophile Ganglienzellen gesichtet wurden, als wenn auch der *Truncus sympathicus* durchschnitten wurde (Abb. 5). Dies lässt vermuten, dass die in den Ganglien und in den interganglionären Nervensträngen vorkommenden markhaltigen Nervenfasern, die teils auch im *Nervus splanchnicus* und teils über die *Rami* auch im *Nervus spinalis* der Peripherie zustreben, nicht nur aus dem Rückenmark, sondern auch aus den sensorischen Vagusganglien entspringen können. Natürlich sind die meisten markhaltigen Nervenfasern in jenen Ganglien und Interganglien zu beobachten, aus denen die Äste des *Nervus splanchnicus* entspringen (*Ggl. sympathicum* V—VI, eventuell VII).

2. Beiderseitige Durchtrennung der vago-sympathischen Nervenstämme

Auf die Frage nach dem Ursprung der erwähnten markhaltigen Nervenfasern hatten wir nur eine teilweise Antwort erhalten. Auf Grund der beobachteten pathologischen Veränderungen an den Ganglienzellen des *Ggl. jugulare* war nämlich anzunehmen, dass ein Teil der Fasern auch aus den sensorischen Ganglien des *Vagus* stammen könnte. Auf die Frage, ob motorische Vagusfasern im *Truncus sympathicus* ziehen, erhielt ich die überzeugende Antwort aus den nach beiderseitiger Durchschneidung der vago-sympathischen Nervenstämme aufgearbeiteten Gewebsschnitten. In den Ganglien und bei den Nervenzellen der interganglionären Nervenstränge war eine Degeneration der Synapsen nicht festzustellen, wogegen dort, wo aus den Ganglien zwei bzw. drei Nervenstränge des *Nervus splanchnicus* zusammentreten, degenerierende markhaltige Nervenfasern sichtbar wurden. Ein überzeugendes Bild hierfür erhielt ich auf Grund der aus dem *Ggl. coeliacum* hergestellten Präparate. In

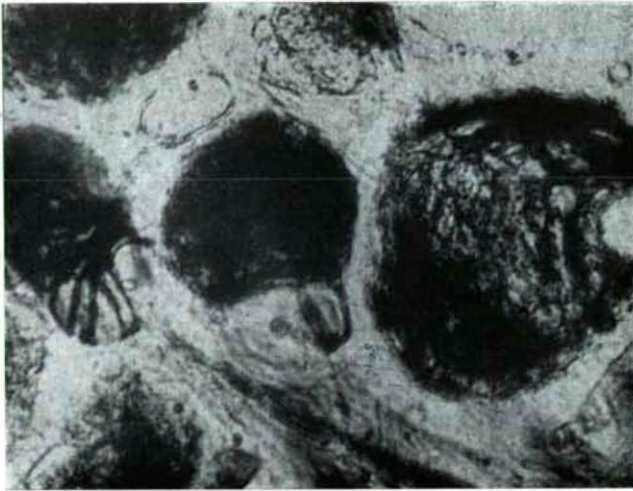


Abb. 4.: *Rana ridibunda*: Nach Durchschneidung des *Ramus communicans* starke Neurofibrilliertheit zeigende Nervenzellen im *Ggl. jugulare*. — AGDUHR'sches Verfahren. Mikrophotogramm, $\times 1050$.

den Ganglienzellen des *Ggl. coeliacum* waren die spiralen Synapsen intakt geblieben (Abb. 6), während nach Durchtrennung der *Rami communicantes* V–VI und VII hochgradige Degeneration festzustellen war.

3. Durchtrennung des *Truncus sympathicus*

Es war wichtig, den genaueren Ursprung der synaptischen Fasern der in kranialer und kaudaler Richtung befindlichen Ganglien zu ermitteln. Aus diesem Grunde nahm ich Durchtrennung des *Truncus sympathicus* zwischen dem *Ggl. sympathicum* V und VI vor und konnte feststellen, dass kranial von

der Durchschnittsstelle die Zahl der spiralen Synapsen in den Ganglienzellen des *Ggl. sympathicum* V etwas geringer war als in dem kaudalen *Ggl. sympathicum* VII, bzw. in den von diesem weiter entfernt liegenden Ganglien. Hieraus folgere ich, dass das *Ggl. sympathicum* V auch aus dem *Ramus communicans* 6 präganglionäre Fasern vom Rückenmark erhält. In den *Rami*

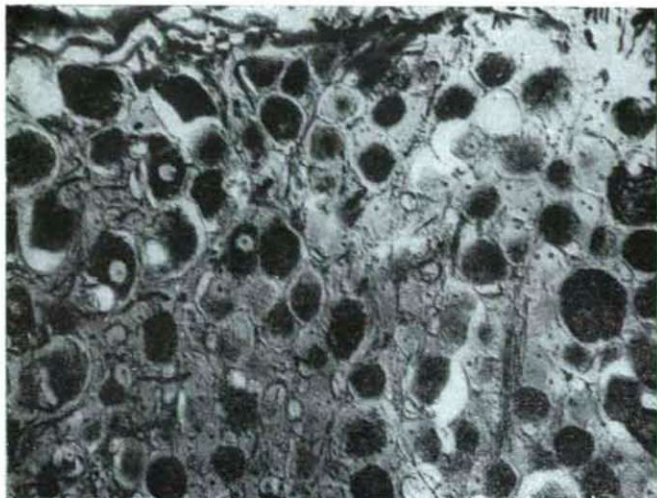


Abb. 5.: *Rana ridibunda*. Nach Durchschneidung des *Truncus sympathicus* zahlreiche intensiv gefärbte Nervenzellen im *Ggl. jugulare*. — AGDUHR'sches Verfahren. Mikrophotogramm, $\times 225$.



Abb. 6.: *Rana ridibunda*: Nach bilateraler Vago-Sympathektomie perizelluläre Synapsen mit grosser Transmissionsfläche an den unipolaren Nervenzellen des *Ggl. coeliacum*. BIELSCHOWSKY—ABRAHÁM'sches Verfahren. Mikrophotogramm, $\times 217$.

communicantes 6, 7 und 8, wo noch zahlreiche markhaltige präganglionäre Rücken markfasern vorhanden sind, liefern sie diejenigen Bündel, die hier noch in kleineren Knäueln endigen. In den der Durchtrennungsstelle des Grenzstranges naheliegenden kaudalen Ganglien und den aus ihnen heraustretenden *Rami communicantes* sind neben den vakuolisierten markhaltigen Vagusstämmen auch ihrer Markscheide verlustig gegangene, schneller degenerierende, dicke Nervenfasern des Rückenmarks anzutreffen. Der vakuolisierte Vagusstamm bildet — wie gesagt — höchstens bis zu dem aus dem *Ggl. sympathicum* VIII hervortretenden *Ramus communicans* eine grössere Gruppe (Abb. 7). Natürlich gelangt ein kleinerer Teil der dünneren, marklosen peripherischen Fortsätze der Fasern der durchschnittenen Ganglienzellen durch die entfernteren *Rami communicantes* zur Peripherie.

Im *Ggl. jugulare* wiesen — wie bereits erwähnt — nach der Durchschneidung des *Truncus* etwas mehr Nervenzellen Fibrilliertheit und starke Argentophilie

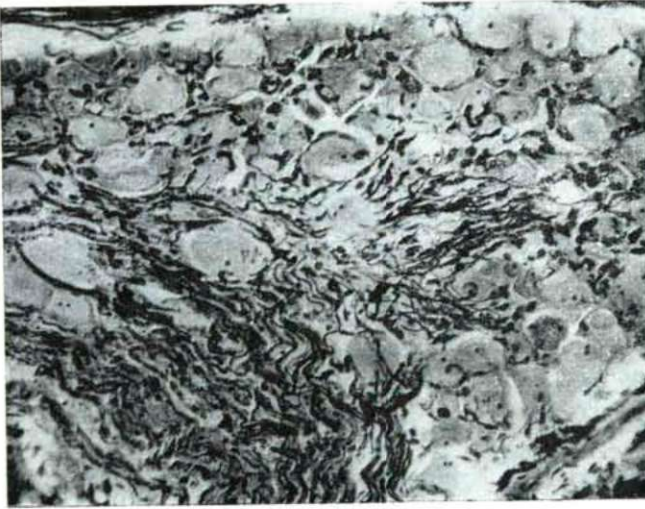


Abb. 7.: *Rana ridibunda*: Nach beiderseitiger Truncusdurchschneidung im *Nervus splanchnicus* sich fortsetzende, degenerierende Nervenfasern im *Ggl. sympathicum* VI. BIELSCHOWSKY—ÁBRAHÁM'sches Verfahren. Mikrophotogramm, $\times 253$.

auf. Dies mag die Folge davon sein, dass ich die im *Truncus sympathicus* ziehenden Vagusfasern zwischen dem *Ggl. sympathicum* V und VI durchschnitten hatte, was auch dadurch bewiesen wird, dass zahlreiche der im *Nervus splanchnicus* verlaufenden markhaltigen Fasern degenerierten.

Zusammenfassung

Die Ergebnisse der an den paravertebralen Ganglien von *Rana ridibunda* durchgeführten experimentellen Untersuchungen lassen sich folgendermassen zusammenfassen.

1. Der *Truncus sympathicus* erhält einen Teil der synaptischen Fasern seiner Ganglien nicht durch die in direkter Verbindung mit den Ganglien stehenden *Rami communicantes*. Dies gilt im besonderen für die die Ganglienzellen der *Pars sacro-coccygea* umgebenden synaptischen Fasern.

2. Die vom *Truncus sympathicus* nach seiner Durchschneidung hergestellten Schnitte lassen feststellen, dass die Nervenzellen der *Pars sacro-coccygea* vorwiegend von der cervico-brachialen und abdominalen Rückenmarkregion mit Synapsenfasern versorgt wird.

3. Als Ergebnis der Durchtrennung des *Ramus communicans*, des *Truncus sympathicus* und der vago-sympathischen Nervenstämme ist festzustellen, dass in gewissen Abschnitten des Grenzstranges neben den Rückenmarkfasern auch markhaltige sensorische und motorische Vagusfasern ziehen.

4. Die Vagusfasern kommen besonders in den an der Hervorbringung des *Nervus splanchnicus* beteiligten Ganglien in grossen Mengen vor.

5. Nach Durchtrennung des *Truncus sympathicus* zwischen dem V. und VI. Ganglion weisen mehrere Ganglienzellen des *Ggl jugulare* eine stärkere Argentophilie auf, als nach Durchtrennung sämtlicher *Rami communicantes* der *Pars sacro-coccygea*.

6. Nach Unterbrechung der peripherischen Reizübertragung war unter den Nervenzellen der zentral gelegenen Ganglien, namentlich bei den sensorischen Nervenzellen des *Vagus* ein reichhaltiges Fibrillennetzwerk zu beobachten.

7. Betreffs des Ursprunges der verschiedenen synaptischen Fasern des *Truncus sympathicus* haben die Versuche gezeigt, dass sie sämtlich dem Rückenmark entstammen.

Schrifttum

1. ÁBRAHÁM, A.: The comparative histology of the stellate ganglion. Acta Biol. Acad. Sci. Hung. Budapest, 2. p. 311. 1951.
2. ÁBRAHÁM, A.: Az aortaideg szerkezete és végződésformái a kutya artériás törzseiben. Ann. Biol. Univ. Hung. Pars Szegediensis, 1. p. 325. 1952.
3. ÁBRAHÁM, A.: Die mikroskopische Innervation des Herzens der Amphibien. Acta Biol. Univ. Szeged, 7. p. 45. 1961.
4. DOGIEL, J.: Die Nervenzellen und Nerven des Herzventrikels beim Frosche. Archiv. Mikr. Anat. 21. p. 21. 1882.
5. GÁL, D.: Adatok a békák vegetatív idegrendszerének ismeretéhez. Biológiai Közlemények, 7. p. 143. 1959.
6. GAUPP, E.: Anatomie des Frosches. 2. Braunschweig, Friedrich Vieweg, 1899.
7. HORVÁTH, I.: Histologische Untersuchungen an den paravertebralen Ganglien von *Rana ridibunda*. Acta Biol. Univ. Szeged, 8. p. 135. 1963.
8. KIRSCH, W.: Synaptische Formationen im Ganglion stellare des Menschen. Zeitschr. f. mikr.-anat. Forschung. 60. p. 399. 1954.

9. KRAUSE, R.: Mikroskopische Anatomie der Wirbeltiere. 3. p. 526. Gruyter, Berlin—Leipzig, 1923.
10. KISZELY, Gy.—BARKA, T.: Gyakorlati mikrotechnika és hisztokémia Medicina, Budapest. 1958.
11. SMIRNOW, A.: Die Struktur der Nervenzellen in Sympathicus der Amphibien. Archiv. Mikr. Anat. 35. p. 407. 1890.
12. SZÜTS, A.: Az ép és kóros szövettani vizsgálat módszere. Budapest, 1936.